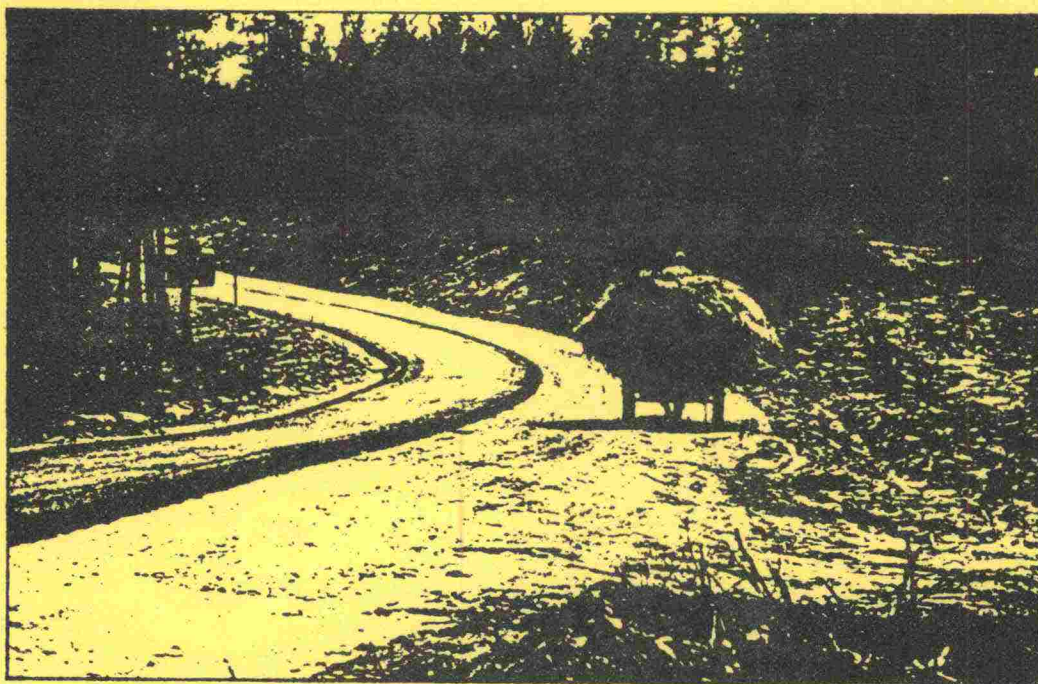


Va



---

# **TIEN RAKENTEEEN PARANTAMISEN KUSTANNUKSISTA**

TVL UUDENMAAN PIIRI 1977



79 083



# TIEN RAKENTEEN PARANTAMISEN KUSTANNUKSISTA

## SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
1. JOHDANTO	1
2. TUTKIMUSMATERIAALI - JA MENETELMÄ	1
3. TUTKIMUKSEN SUORITUS JA TUTKIMUSTULOKSET	3
3.1 RAKENTEEN PARANTAMISTOIMENPITEEN SUUNNITTELUSTA	3
3.11 Päällysrakennetyyp - pien valinta ja mitoitus	3
3.12 Muista rakennevaihto - ehdoista	6
3.2 YKSIKKÄKUSTANNUSTEN MUODOSTUMISESTA	6
3.3 RAKENTEEN PARANTAMISTOIMENPITEEN MASSAMENEKIT	7
3.4 RAKENTEEN PARANTAMISKUSTANNUKSET JA NIIDEN TESTAUS	8
3.41 Kustannukset raken - netyypeittäin	8
3.42 Rakennetyypin valinta	9
3.43 Tutkimustulosten testaus	10
4. TUTKIMUKSEN TARKASTELUA	10
5. YHTEENVETO	11



# T I E N   R A K E N T E E N   P A R A N T A M I S E N K U S T A N N U K S I S T A

## 1.        J O H D A N T O

Tielaitoksen ohjelmoinnissa tien parantamishankkeella tarkoitetaan rakenteen parantamista aina, jos se pääosiltaan jättää tien vanhalle paikalleen geometrialta lähes ennalleen. Kuvassa 1 on esitetty rakenteen parantamistoimenpiteiden osuus tielaitoksen toimenpideohjelmassa vuosille 1978 - 82.

Seuraavassa tarkastellaan tien rakenteen parantamiskustannuksia karkeasti yksikköhintana mk/km sekä tutkitaan erilaisten teknisten päällysrakenneratkaisujen taloudellisuutta eri olosuhteissa.

Rakenteen parantamisella on tässä tarkoitettu vanhan tien liikennekelpoisuuden parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä, jotka parantavat tien kantavuutta ja vähentävät routimista. Parantamisen yhteydessä voidaan hieman korjata tien geometriaa ja levittää poikkileikkausta sekä parantaa kuivatusta. Toimenpiteet edellyttävät, että vanhaa tietä käytetään koko ajan mitoitusperustana. Näin määriteltynä rakenteen parantaminen ei sisällä leikkaus- eikä pengerrystöitä.

Tavoitekantavuus ( $E_2$ ) tarkoittaa sitä kantavuutta, joka vaaditaan valmiilta rakenteelta tai rakennekerroksen päältä.

Mitoituskantavuudella ( $E_{mit}$ ) tarkoitetaan sitä kantavuutta, joka on lähtöarvona päällysrakennetta tai rakennekerrosta mitoitettaessa.

## 2.        T U T K I M U S M A T E R I A A L I - J A M E N E T E L M Ä

Tutkimusmateriaali sisältää kaikkiaan seitsemäntoista rakenteen parantamishanketta. Ne kuuluvat ryhmään muut maantiet ja toiminnalliselta luokaltaan ne luetaan seudullisiin ja



kokoojateihin. Tienpinnan keskimääräinen leveys on 6,2 m ja kantavuudet vaihtelevat 10...yli 200 MN/m<sup>2</sup>. Teiden pituudet vaihtelevat 2,2...19,4 km keskimääräisen pituuden ollessa 7,9 km. Rakenteen parantamiskustannusten jakautuma on esitetty kuvassa 2.

Tutkimusmateriaalin suurin heikkous on se, että hankkeiden parannetut poikkileikkaukset ovat samat, III N-7. Tämä johtuu siitä, että aineisto on keskittynyt alemmalle tieverkolle, jolla päätavoitteena on pidetty läpivuotista liikennöitävyyttä raskailla ajoneuvoilla puuttumatta sanottavasti tienopeuden nostamiseen.

Tutkimuksessa on turvauduttu sekä teoreettiseen että tilastolliseen tarkasteluun. Teoreettinen tarkastelu perustuu kirjallisuudesta saataviin tietoihin kun taas tilastotarkastelussa on käytetty hyväksi kerättyä havaintomateriaalia.

Teoreettista tutkimustapaa on käytetty silloin, kun sen antama osatulos on teoreettisesti perusteltu, tutkimuksen kannalta merkittävä ja sen kattavuutta parantava.

Tilastotarkastelu on ollut mahdollinen sekä kokonaiskustannuksia (mk/km) että suoritteita tutkittaessa.

Kahden tutkimustavan yhdistäminen toisiaan täydentäväksi menetelmäksi on edellyttänyt työn jakamista osatehtäviin seuraavasti:

1. päällysrakennemassat,
  - vanhan tasauksen yläpuoliset massat
  - vanhan tasauksen alapuoliset massat
2. muut massamenekit,
3. yksikkökustannukset.



### 3. T U T K I M U K S E N S U O R I T U S J A T U T K I M U S T U L O K S E T

#### 3.1 RAKENTEEEN PARANTAMISTOIMENPITEEN SUUNNITTELUSTA

Vanhan tien parantamisen suunnittelu perustuu tien historian, olevan tilanteen ja sen kehityksen määremien tavoitteiden tuntemiseen. Ennen varsinaista suunnittelutyötä asetetaan palvelutaso-, tienopeus-, päällyste- ja kantavuustavoitteet. Tien yleisiä liikenteellisiä tavoitteita on esitetty taulukossa 1.

Tavoitteiden lisäksi suunnittelu edellyttää lähtötietojen selvittämistä. Mikäli tie on rakennettu ja siitä on aikanaan laadittu suunnitelma, saadaan siitä osa suunnittelussa tarvittavista tiedoista. Vanhan tien rakenteen selvittämiseksi on aina turvauduttava maastotutkimuksiin. Lisäksi tarvitaan tiedot tien käyttäytymisestä roudan ja roudanlähden aikaan.

Lähtötietojen ja tavoitteiden perusteella ratkaistaan tien parantamistarve.

#### 3.11 P ä ä l l y s r a k e n n e t y y p p i e n v a - l i n t a j a m i t o i t u s

Käytännössä päällysrakennetyyppejä voidaan suunnitella lukuisia. Tässä on tutkittaviksi rakennetyypeiksi valittu sitomaton, maabetoni- ja syväasfalttirakenne.

Päällysrakennetyyppejä tarkastellaan päällysrakenneluokkaa 4 vastaavina mitoituksina. Menettely perustuu nykyiseen käytäntöön, joka on muodostunut päällysrakenteen vaiherakentamisessa. Päällysrakenne rakennetaan ensivaiheessa päällysrakenneluokkaa 4 vastaavaan kantavuustasoon (sitomattomat kerrokset + yksi sidekerros). Sen jälkeen kerrosten vaiherakentaminen vastaa teknisesti kunnossapitotoimenpiteitä. Yleensä teiden rakennetta parannetaan vasta liikenteen vaatiessa vähintään päällysrakenneluokkaa 4 edellyttävää ratkaisua.



S i t o m a t o n r a k e n n e : Sitomattoman rakenteen muodostavat päällysrakenteen yläosa ja tukirakenne eli päällysrakenteen alaosa. Tukirakenteen muodostavat suodatin- ja eristys- sekä jakava kerros. Päällysrakenteen yläosaan kuuluvat kantava kerros ja kulutuskerros.

Suodatin- ja eristyskerros rakennetaan hiekasta, jakava kerros sorasta, murskeesta. Kantavaan kerrokseen kuuluu sitomaton, murskatusta kiviaineksesta tehty kerros sekä tavoitekantavuuden ylittäessä  $200 \text{ MN/m}^2$  bitumilla sidottuja BS-kerroksia.

Taulukossa 2 on esitetty eri päällysrakenneluokittain mitoitustajakson kuormituskertalukua vastaavat kantavuusarvot eri päällysrakennekerroksilta mitattuna.

M a a b e t o n i r a k e n n e : Maabetonilla tarkoitetaan sementillä lujitettua eli stabiloitua kiviainesta, jonka kuutiopuristuslujuus on  $n.5 \text{ MN/m}^2$ .

Sementillä voidaan lujittaa käytännöllisesti katsoen kaikki kivennäismaalajit (kuva 3). Parhaiten stabiloitaviksi soveltuvat sora- ja hiekkamoreenit. Tällöin sementtiä tarvitaan vähemmän (n.3...5 paino-%).

Maabetonia voidaan valmistaa joko paikalla sekoittaen tai asemasekoitusmenetelmällä. Paikallasekoitusmenetelmä on suositeltava, jos käytetään vanhan tiepohjan kiviainesta hyödyksi tai jos työ on pieni. Asemasekoitusmenetelmällä valmistettu maabetoni on puolestaan homogeenisempaa.

Maabetonirakenne vastaa tavanomaista sitomatonta rakennetta, jossa joku sitomattomista kerroksista on korvattu maabetonikerroksella. Suositeltavaa on korvata jakava kerros maabetonilla (Sandwich-rakenne). Tällöin sitomaton kantava kerros suojaa maabetonia työnaikaiselta liikkeeltä kovettumisen aikana, estää myöhemmin betonin halkeamien heijastumisen päällysteeseen ja muodostaa sopivan alustan asfalttipäällysteelle. Myös päällysteen alustan muotoilu on tässä ratkaisussa helppo.



S y v ä a s f a l t t i r a k e n n e : Syväasfaltti on rakenne, jossa kaikki päällysrakennekerrokset on korvattu asfaltilla. Asfalttipäällystenormien mukaan päällysrakenteen sitomattomia kerroksia voidaan korvata sidotuilla kerroksilla seuraavasti:

bitumilla sidottu kantava kerros  $\hat{=}$  2 x sitomaton kantava kerros (M)

$\hat{=}$  3 x sitomaton kantava kerros (Sr).

Syväasfalttimassa voidaan valmistaa suhteellisen jalostamattomasta kiviaineksesta. Kalusto rajoittaa maksimiraekoon n. # 25 mm ja kerralla levitettävän kerroksen paksuuden n. 10 cm. Syväasfalttikerros voidaan rakentaa useassa osassa. Jyrättäessä kerros tiivistyy n. 10 %.

P ä ä l l y s r a k e n n e t y y p p i e n m i t o i t u s : Tien rakenteen parantamistoimenpidettä mitoitettaessa oletetaan vanhan rakenteen toimivan kuten uusi rakenne vastaavaan kantavuusarvoon rakennettuna. Parantamistoimenpiteenä toteutetaan puuttuva yläosa täyteen kantavuuteen saakka. Mikäli vanha rakenne ei ole ehjä, on hienojen maalajien pumppautuminen estettävä ennen lisäkerrosten rakentamista.

Taulukoissa 3...6 on esitetty eri päällysrakennetyyppien rakenneratkaisut vanhan tiepohjan kantavuuden vaihdellessa 20...160 MN/m<sup>2</sup>.

Sitomaton rakenne on mitoitettu TVL:n Stabiloointiohjeita ja Normaalimääräyksiä apuna käyttäen.

Maabetonirakenne on mitoitettu Stabiloointiohjeiden perusteella.

Syväasfalttirakenne on mitoitettu joko sveitsiläisen M. Blumerin menetelmällä tai suomalaisen R. Oraman kehittämän mitoitusdiagrammin mukaan.



### 3.12 Muista rakennevaihtoehdoista

Edellä esitettyjen kolmen päällysrakenteen lisäksi mainittakoon seuraavat ratkaisut. Niitä on jossain määrin toteutettu viime vuosina.

Betonirakenne, jonka taloudellisuus perustuu sen kulutuskestävyyteen ja alhaisiin kunnossapitokustannuksiin.

Kalkkistabilointi ja suodatinkankaat kantavan rakenteen alustassa korvaavat suodatinkerroksen.

Lämpöeristeet pienentävät roudan vahingollisia vaikutuksia tierungossa.

Maalaaatikon tarkoitus on vaimentaa ja lauhduttaa talvina estää routavaurioiden syntyä.

Erikoispäällysteitä kuten luonnonkiviä ja betonielementtejä käytetään asfalttipäällysteen asemesta.

Päällysteen lujittaminen esim. teräsverkolla tai suodatinkankaalla.

### 3.2 YKSIKKÖKUSTANNUSTEN MUODOSTUMISESTA

Rakenteen parantamiskustannuksista suurimman osan muodostavat päällysrakennekustannukset, keskimäärin 87 %. Muita parantamiskustannuksiin vaikuttavia kustannuksia ovat mm. kuivatus-, tiepohjan vahvistus-, liikenteen järjestely- ja viimeistelykustannukset.

Päällysrakennekustannukset muodostuvat materiaali-, työ- ja kuljetuskustannuksista. Materiaali- ja työkustannukset on tässä selvityksessä saatu vuoden 1974 toteutuneista jälkilaskentatiedoista ja kuljetuskustannukset v.1974 TVL:n kuljetustaksoista. Taulukossa 7 on esitetty eri rakennekerrosten yksikköhinnat kuljetusetaisyyden funktiona.



### 3.3 RAKENTEEEN PARANTAMISTOIMENPITEEN MASSAMENEKIT

Rakenteen parantamistyöt on jaettu kahteen ryhmään: päällysrakennetyöt ja muut työt. Koska päällysrakennetöiden kustannukset kattavat suurimman osan parantamiskustannuksista, on päällysrakennemassoihin kiinnitetty erityistä huomiota. Muut työt on käsitelty tilastollisesti lähtöaineiston parantamissuunnitelmien perusteella.

Vanhojen teiden poikkileikkaukset ovat aikojen kuluessa muotoutuneet liikenteen ja kunnossapidon vaikutuksesta. Tämän vuoksi poikkileikkaus on jaettu kahtia massojen määrittämisen helpottamiseksi: (kuva 4)

- vanhan tienpinnan yläpuoliset massat ( $=A_y$ ) ja
- vanhan tienpinnan alapuoliset massat ( $=A_a$ ).

Parannetun tien luiskakaltevuudeksi on valittu 1:3.

Vanhan tien yläpuoliset massat on määrätty matemaattisesti tien leveyden ja päällysrakenteen paksuuden avulla. Sen sijaan vanhan tien alapuolisia massoja on tutkittu lähtöaineiston suunnitelmapoikkileikkausten avulla.

Parannetun poikkileikkauksen kokonaismassamenekki on esitetty kuvan 5 nomogrammissa.

Rakenteen parantamisen yhteydessä tehtävistä muista töistä monet esiintyvät vain satunnaisesti. Seuraavassa tarkastellaan usein esiintyviä korjaus- ja muutostöitä. Pistekohtaisia ja kalliita toimenpiteitä kuten siltoja, vaikeasti perustettavia suuria rumpuja, geoteknisiä rakenteita yms. ei ole tarkasteltu.

Linja-autopysäkit rakennetaan sellaisille teille, joilla on aikataulun mukaista tai säännöllisiä reittejä noudattavaa linja-autoliikennettä. Linja-autopysäkkejä on tarkasteltavissa hankkeissa esiintynyt noin kahdessa kolmesta ja niiden välimatkat ovat olleet noin yksi kilometri.

Yleisten teiden sekä yksityistie-jja maatalousliittymiä on sisällytetty jokaiseen lähtöaineiston suunnitelmaan. Yleisten



teiden liittymiä tutkituilla hankkeilla oli keskimäärin 1,7 kpl/hanke. Sen sijaan yksityistieiliittymiä esiintyi peräti 6,7 kpl/km ja maatalousliittymiä 5,4 kpl/km. Yksitystieiliittymien määrä ylittää jopa Normaalimääräysten ohjearvot.

Tien kuivatusta on parannettu sekä ojitus- että putkitustoin. Avo-ojia on kaivettu n.840 m/km sekä jonkin verran salaojia. Rumpuja lähtöaineiston suunnitelmissa oli n.10 m/km.

### 3.4 RAKENTEEN PARANTAMISKUSTANNUKSET JA NIIDEN TESTAUS

#### 3.41 Kustannukset rakennetyyppeittäin

Seuraavassa tarkastellaan lähemmin kohdassa 3.11 valittujen päällysrakennetyyppien kustannuksia. Kustannukset on laskettu poikkileikkauksille, jotka lähinnä tulevat kysymykseen vanhoja teitä parannettaessa (III N-6, III N-7 ja II N-8/7). Muiden parantamistyön yhteydessä tehtävien töiden kustannusten muodostumista on tarkasteltu erikseen.

Päällysrakennekustannukset: on määrätty erikseen vanhan tienpinnan ylä- ja alapuolisille massoille. Kustannusten selittäjiksi on valittu jo suunnittelun alkuvaiheessa tunnettuina tai helposti lukuarvoltaan selvitetävinä suureina mitoittava kantavuus  $E_{mit}$ , materiaalin kuljetusetaisyys, suunniteltu poikkileikkaus ja tien levitys L.(kuvat 6...10)

Koska eri materiaalien tai rakennustapojen käyttö vaikuttaa välittömästi kustannuksiin, on tutkittu erikseen näiden tekijöiden merkitystä päällysrakennetöiden kokonaiskustannuksiin. Perusvaihtoehtoina on tutkittu sitomattoman rakenteen rakentamista joko murskatusta tai luonnonmateriaalista sekä maabetonirakenteen valmistamista joko paikallasekoitusmenetelmällä tai asemasekoitteista massaa käyttäen. Syväasfalttirakenteelle on tutkittu vain yksi vaihtoehto, kerroksen rakentaminen mahdollisimman halvasta materiaalista.



M u u t k u s t a n n u k s e t : Rakenteen parantamistöiden yhteydessä tehtävien muutos- ja korjaustöiden osuus kokonaiskustannuksista oli tutkitussa materiaaalissa n. 12 %. Vuoden 1974 hintatasossa em. töiden kustannukset olivat n. 23'000 mk/km. Koska tälle kustannusosuudelle ei löydetty luotettavaa ja helposti hallittavaa selittäjää, on kustannukset tältä osin lisättävä päällysrakennekustannuksiin vakiona.

K o k o n a i k u s t a n n u k s e t : Yhdistämällä edellä esitetyt kustannusosuudet saadaan kokonaiskustannukset.

Jos rakenteen parantamishanke sisältää pohjanvahvistus-, silta- tai suuria routavaurioiden korjaustöitä on näiden aiheuttamat kustannukset arvioitava erikseen ja lisättävä hankkeen kokonaiskustannuksiin.

### 3.42 R a k e n n e t y y p i n v a l i n t a

Tarkasteltavien päällysrakennetyyppien taloudellisuutta on tutkittu vertaamalla rakennetyyppien yksikköhintoja määrävien selittäjien, mitoituskantavuuden ja kuljetusetäisyyden avulla. Tarkastelussa on huomioitu vain vanhan tienpinnan yläpuolen aiheuttamat kustannukset (kuvat 11...14). Koska vanhan tienpinnan alapuolisia massoja ei ole otettu huomioon, tulee korkea sitomaton rakenne hieman todellista edullisemmaksi. Eri rakennetyyppien raja-alueilla päällysrakennekustannukset eivät juuri poikkea toisistaan. Kuvien viivoitettut alueet kuvaavat päällysrakennekustannusten viiden prosentin kustannushajontaa.

Kuvien perusteella huomataan, että maabetonirakenne on kannattavin pienillä mitoituskantavuuden arvoilla. Syväasfaltti tulee kysymykseen vain erittäin kantavilla teillä parantamistarpeen ollessa vähäinen. Kiviaineksen kuljetusmatkan kasvaessa tulevat matalat rakenteet (maabetoni- ja syväasfalttirakenne) taloudellisemmiksi. Kohtuullisella ajomatalla mitoituskantavuuden ylittäessä 60...80 MN/m<sup>2</sup> on sitomaton rakenne yleensä taloudellisin.



### 3.43 Tutkimustulosten testaus

Tien rakenteen parantamiskustannusten arviointimenetelmän testaukseen on käytetty sekä lähtöaineiston suunnitelmia että tutkimuksen ulkopuolisia rakenteen parantamissuunnitelmia. Tämän selvityksen mukaan arvioidut kustannukset ja tiesuunnitelmien kustannukset eroavat jonkin verran toisistaan (kuva 15). Arvioidut kustannukset ovat jonkin verran tiesuunnitelmakustannuksia suuremmat. Tiesuunnitelmien kustannukset perustuvat tarkempaan mitoitukseen, jolloin vanhan tien kantavuus on voitu ottaa huomioon paremmin päällysrakennetta mitoitettaessa. Toisaalta tutkimuksen päällysrakennekustannukset on muodostettu maan keskimääräisiä yksikkökustannuksia käyttäen. Tiesuunnitelmissa on taas käytetty paikallisia olosuhteita ja yksikkökustannuksia.

### 4. TUTKIMUKSEN TARKASTELUA

Tutkimustulosten soveltamista rajoittaa omalta osaltaan tutkimusmateriaali. Teoreettisella tarkastelulla on sovellettavuutta pyritty laajentamaan. Rakenteen parantamis -käsitteen lisäksi rajoittavimmaksi tekijäksi muodostuneen tien poikkileikkaus.

Käytetyt rakenteen parantamissuunnitelmat ovat pääasiassa hankkeita, jotka parantavat noin kuusi metriä leveän sora-tien kestopäällysteiseksi, päällysrakenneluokan 4 mukaiseksi, seitsemän metriä leveäksi tieksi. Sovellettaessa tuloksia käytännön kustannusarviointityöhön, tarkimmat tulokset saadaan lähtöaineiston vastaavissa tapauksissa.

Toinen huomionarvoinen seikka tuloksia sovellettaessa on poikkileikkausmuoto. Kaikki tutkitut tiet ovat rakentamattomia ja siksi niiden poikkileikkauksetkin ovat täysin epämääräisiä. Tämä on vaikuttanut paitsi tilastollisesti tutkittuihin kustannuksiin myös vanhan tienpinnan alapuolisiin massatöihin. Sekä teoreettiset että käytännön perusteet puuttuvat sovellettaessa tutkimustuloksia säännöllisen poikkileikkauksen mukaan rakennettujen teiden parannustöiden suunnittelussa.



Selvityksessä on tarkasteltu alempiluokkaisen soratien parantamista. Tuloksia voitaneen varauksellisesti soveltaa myös Päällystettyjen teiden parantamiseen tutkimuksen edellyttämissä rajoissa. Mikäli suunnitelma edellyttää päällysteen käsittelyä on huomattava, että nämä kustannukset on lisättävä rakenteen parantamiskustannuksiin.

Käytännön suunnittelutyössä parantamishankkeet ovat harvoin puhtaita rakenteen parantamishankkeita. Tällöin voidaan geometrian parantamisosuudet erottaa omaksi kokonaisuudekseen ja arvioida niiden aiheuttamat kustannukset uuden tien rakentamista vastaavin menetelmin. Rakenteen parantamiskohteisiin sovelletaan tämän selvityksen tuloksia. Kokonaiskustannusarvio on osien summa.

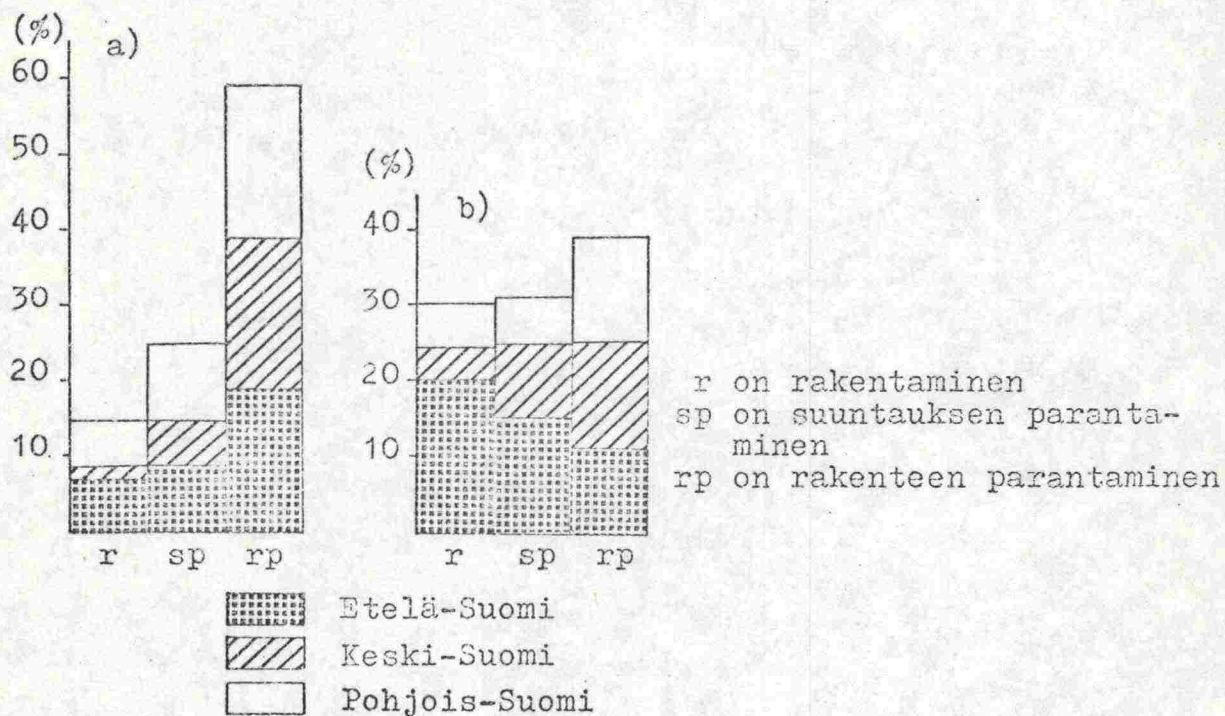
## 5. Y H T E E N V E T O

Tässä selvityksessä on tarkasteltu alemman tieverkon rakenteen parantamistoimenpiteitä ja niiden aiheuttamia kustannuksia. Tarkasteltaviksi rakenteiksi on valittu tällä hetkellä yleisimmin esiintyvät rakennevaihtoehdot: sitomaton, maabetoni- ja syväasfalttirakenne.

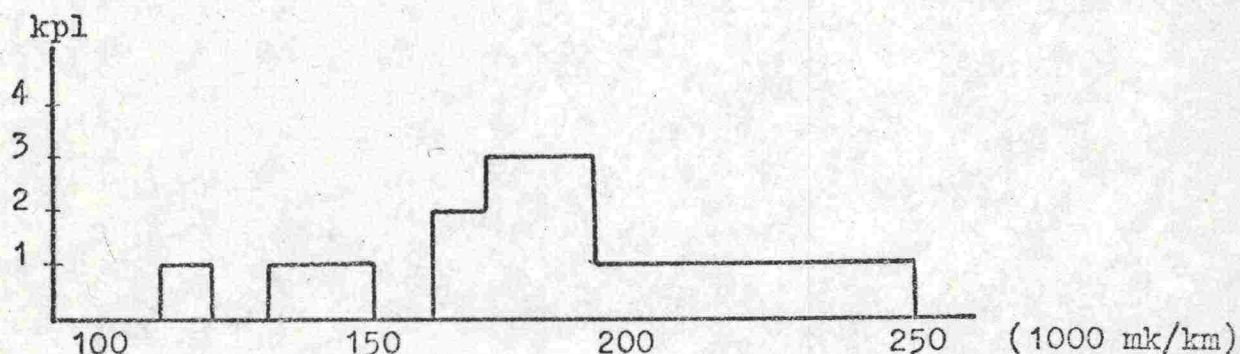
Rakenteen parantamiskustannukset on arvioitu erikseen päällysrakennetöille ja muille töille. Päällysrakennekustannukset perustuvat rakenteiden massamenekkeihin ja toteutuneisiin yksikkökustannuksiin. Päällysrakennekustannukset on esitetty mitoituskantavuuden, materiaalin kuljetusmatkan, poikkeileikkauksen ja tien levityksen avulla. Muut kustannukset on arvioitu tutkimusmateriaalin perusteella osuutena kokonaiskustannuksista.

Eri päällysrakennetyyppien taloudellisuutta on lisäksi tutkittu vertaamalla niitä mitoituskantavuuden ja materiaalien kuljetusmatkan funktiona toisiinsa. Kustannukset on laskettu vanhan tienpinnan yläpuolisille massoille ja ne ovat keskimääräisiä rakennuskustannuksia  $\pm 5 \%$ .





Kuva 1. Toimenpideohjelman 1978 - 82 a) suoritteiden (km) ja b) kustannusten prosenttinen jakautuma alueittain.



Kuva 2. Hankkeiden kustannusjakautuma (1000 mk/km).



Taulukko 1. Tien palvelutaso- ja tienopeustavoitteet tien toiminnallisen luokan mukaan.

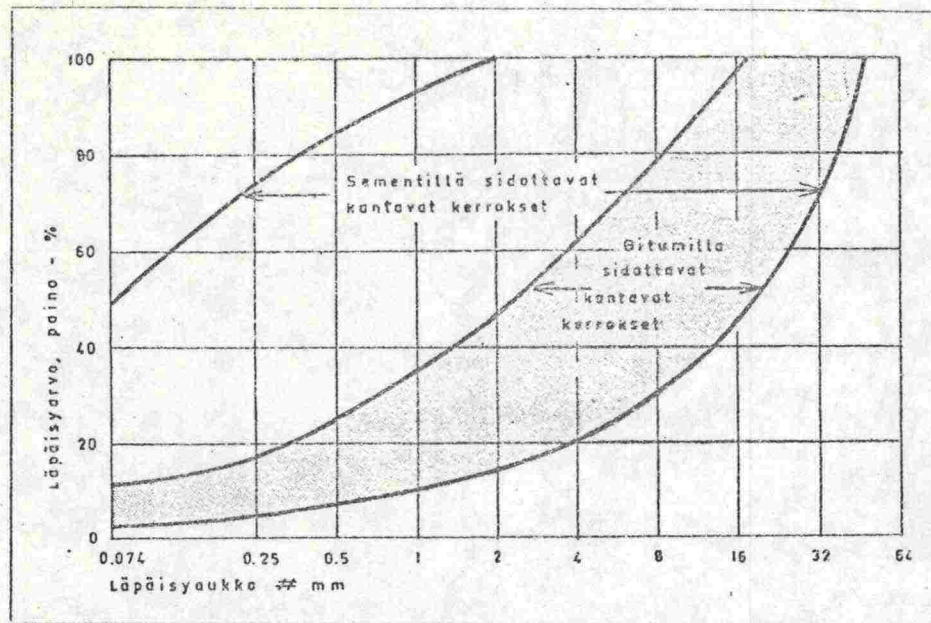
Tien toiminnallinen luokka	Palvelutaso-tavoite x)	Tienopeus-tavoite x)	Mitoitustunti-liikenne (=100. huippu-tunnin liikenne)
Valta- ja kantatiet sekä merkitykseltään niihin verrattavat maantiet	C maaseudulla D kaupunki-seudulla	80 km/h	0,15 KVL
Muu maantiet sekä paikallistiet, joilla $KVL_t \leq 500$ hay	D	65 km/h	0,125 KVL

x) Koska palvelutasotavoitteen ja tienopeuden käytöstä ei vielä ole kokemusta, käytetään toistaiseksi yllämainittuja tavoitearvoja, jotka myöhemmin tarkistetaan.

Taulukko 2. Sitomattoman kantavan ja jakavan kerroksen sekä päällysteen päältä vaadittava kantavuus ja mitoitusjakson kuormituskertaluku päällysrakenne-luokittain.

Päällysrakenne-luokka	Mitoitusjakson kuormituskertaluku K	Kantavuusvaatimus $E_2$ (MN/m <sup>2</sup> )		
		Jakava kerros	Sitomaton kantava kerros	Päällyste
1	$>4,1 \times 10^6$	125	175	360
2	$1,7 \times 10^6 \dots 4,1 \times 10^6$	125	175	320
3	$6,8 \times 10^5 \dots 1,7 \times 10^6$	125	175	250
4	$2,8 \times 10^5 \dots 6,8 \times 10^5$	125	175	200
5	$1,1 \times 10^5 \dots 2,8 \times 10^5$	100	150	150
6	$<1,1 \times 10^5$			

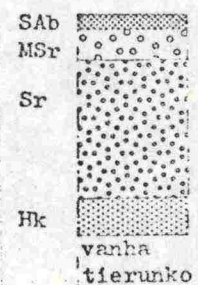




Kuva 3. Sementillä lujitettavaksi sopivien maalajien rakeisuudet.

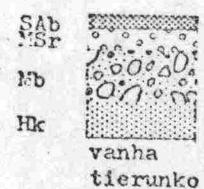
Taulukko 3. Sitomaton päällysrakenne.

$E_{mit}$ MN/m <sup>2</sup>	suod.- ja erist.- kerros Hk cm	jakava kerros Sr tai M cm	kantava kerros Sr tai M cm	päällyste Ab cm
20	20	70	15	5
40	-	55	15	5
60	-	35	15	5
80	-	23	15	5
100	-	15	15	5
120	-	-	17	5
140	-	-	13	5
160	-	-	10	5



Taulukko 4. Maabetonirakenne (paikalla sekoittaen).

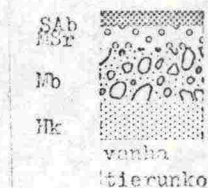
$E_{mit}$ MN/m <sup>2</sup>	suod.- ja erist.- kerros Hk cm	sem.- stabil. cm	kantava kerros M cm	päällyste Ab cm
20	20	18	15	5
40	-	17	10	5
60	-	15	10	5
80	-	15	10	5
100	-	15	10	5
120	-	15	10	5
140	-	15	10	5
160	-	-	10	5





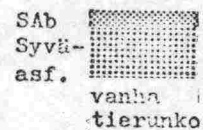
Taulukko 5. Maabetonirakenne (asemasekoitus).

$E_{mit}$ MN/m <sup>2</sup>	suodatin- ja erist.- kerros Hk cm	sementti- stabil. cm	kantava kerros M cm	päällyste Ab cm
20	20	18	15	5
40	-	14	15	5
60	-	12	10	5
80	-	12	10	5
100	-	12	10	5
120	-	12	10	5
140	-	12	10	5
160	-	-	10	5



Taulukko 6. Syväasfalttirakenne.

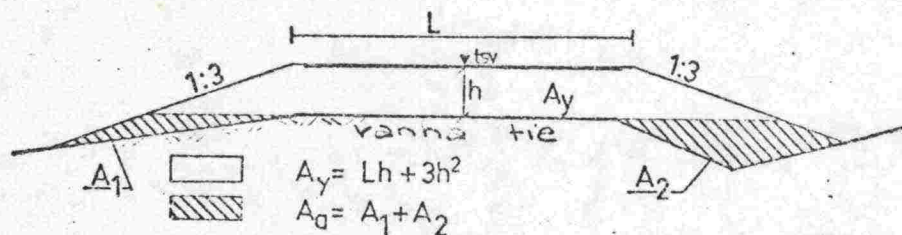
$E_{mit}$ MN/m <sup>2</sup>	suodatin- ja erist.- kerros Hk cm	syvä- asfaltti BS cm	päällyste Ab cm
20	30	30	5
40	-	27	5
60	-	20	5
80	-	15	5
100	-	12	5
120	-	9	5
140	-	6	5
160	-	3	5





Taulukko 7. Rakennekerrosten yksikkökustannukset (mk/m<sup>2</sup>) materiaalin kuljetusmatkan funktiona.

Hajittelu (mk/m <sup>2</sup> )						
Kuljetusmatka (km)	0 - 0,5		9 - 10		39 - 40	
Suodatin- ja eristyskerros 20 cm	1,31		2,42		6,01	
Jakava kerros	Sr	MSr	Sr	MSr	Sr	MSr
70 cm	6,07	11,63	9,93	15,49	22,51	29,07
55 cm	4,77	9,14	7,80	12,17	17,69	22,06
35 cm	3,03	5,82	4,96	7,75	11,25	14,04
23 cm	2,00	3,71	3,26	5,09	7,39	9,22
15 cm	1,30	2,49	2,13	3,32	4,82	6,02
Kantava kerros	Sr	M	Sr	M	Sr	M
17 cm	2,22	3,39	3,24	4,32	6,54	7,37
15 cm	1,96	2,99	2,85	3,81	5,77	6,51
13 cm	1,70	2,59	2,47	3,30	5,00	5,64
10 cm	1,31	1,99	1,90	2,54	3,85	4,34
Sementtistabilointi	paik.	as.	paik.	as.	paik.	as.
18 cm	6,33	9,23	7,26	10,14	10,26	13,09
17 cm	6,10	-	6,97	-	9,80	-
15 cm	5,62	-	6,39	-	8,89	-
14 cm	-	7,67	-	8,35	-	10,61
12 cm	-	7,15	-	7,75	-	9,69
Syvänsfaltti						
30 cm	39,15		41,03		46,85	
27 cm	35,89		37,60		42,95	
20 cm	26,10		27,35		31,24	
15 cm	19,58		20,52		23,43	
12 cm	15,66		16,41		18,74	
9 cm	11,75		12,31		14,06	
6 cm	7,83		8,21		9,37	
3 cm	3,92		4,11		4,69	
Päällyste Ab	5 cm	9,86	10,14		11,08	



Kuva 4. Rakenteen parantamissuunnitelman poikkileikkausmalli, kun

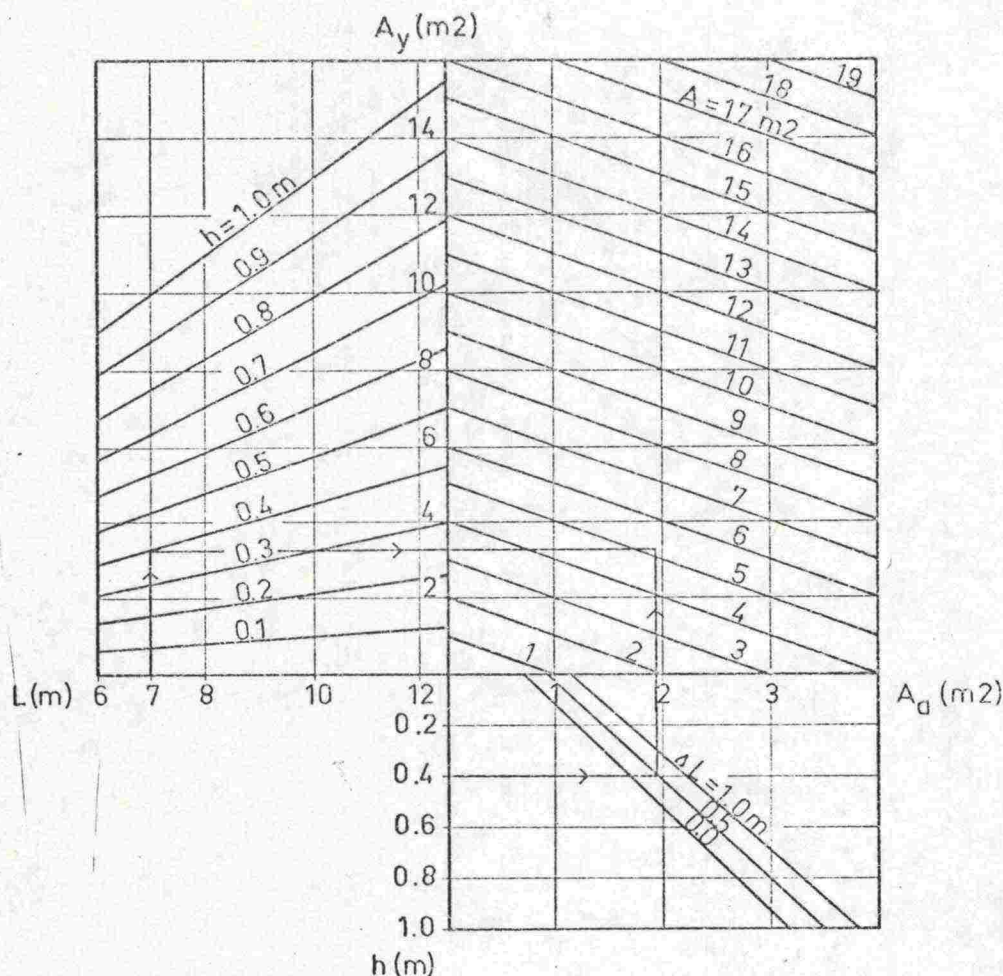
$L$  on parannetun tien leveys (m)

$h$  on vanhan tien tasauksen korotus (m)

$A_y$  on vanhan tienpinnan yläpuoliset massat (m<sup>2</sup>)

$A_a$  on vanhan tienpinnan alapuoliset massat (m<sup>2</sup>)

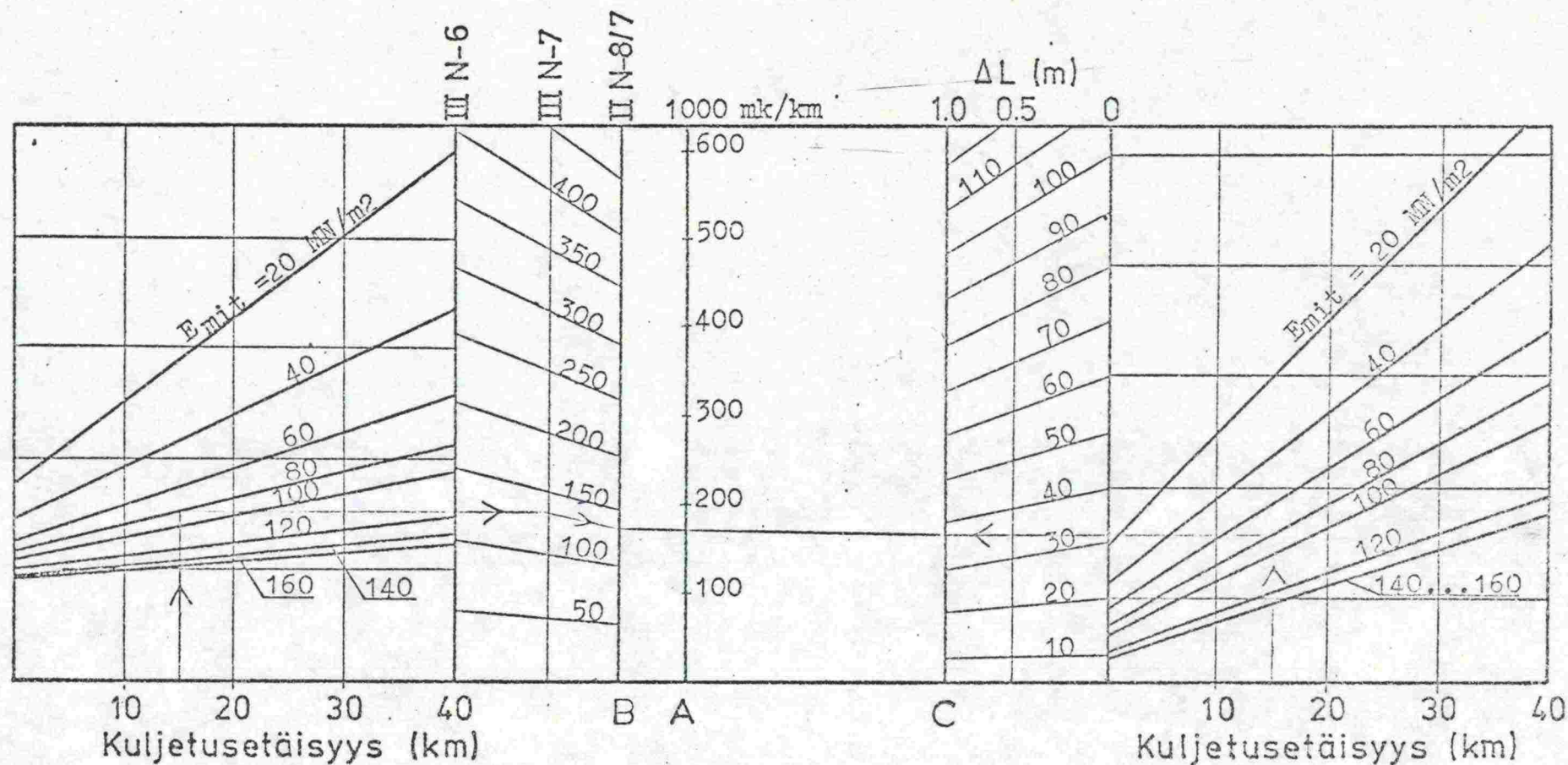




kun  $L$  on parannetun tien leveys (m)  
 $\Delta L$  on tien leveyden muutos (m)  
 $h$  on vanhan tien tasauksen korotus (m)  
 $A_y$  on vanhan tienpinnan yläpuolisten massojen poikkileikkauspinta-ala ( $m^2$ )  
 $A_a$  on vanhan tienpinnan alapuolisten massojen poikkileikkauspinta-ala ( $m^2$ )  
 $A = A_y + A_a$  ( $m^2$ )

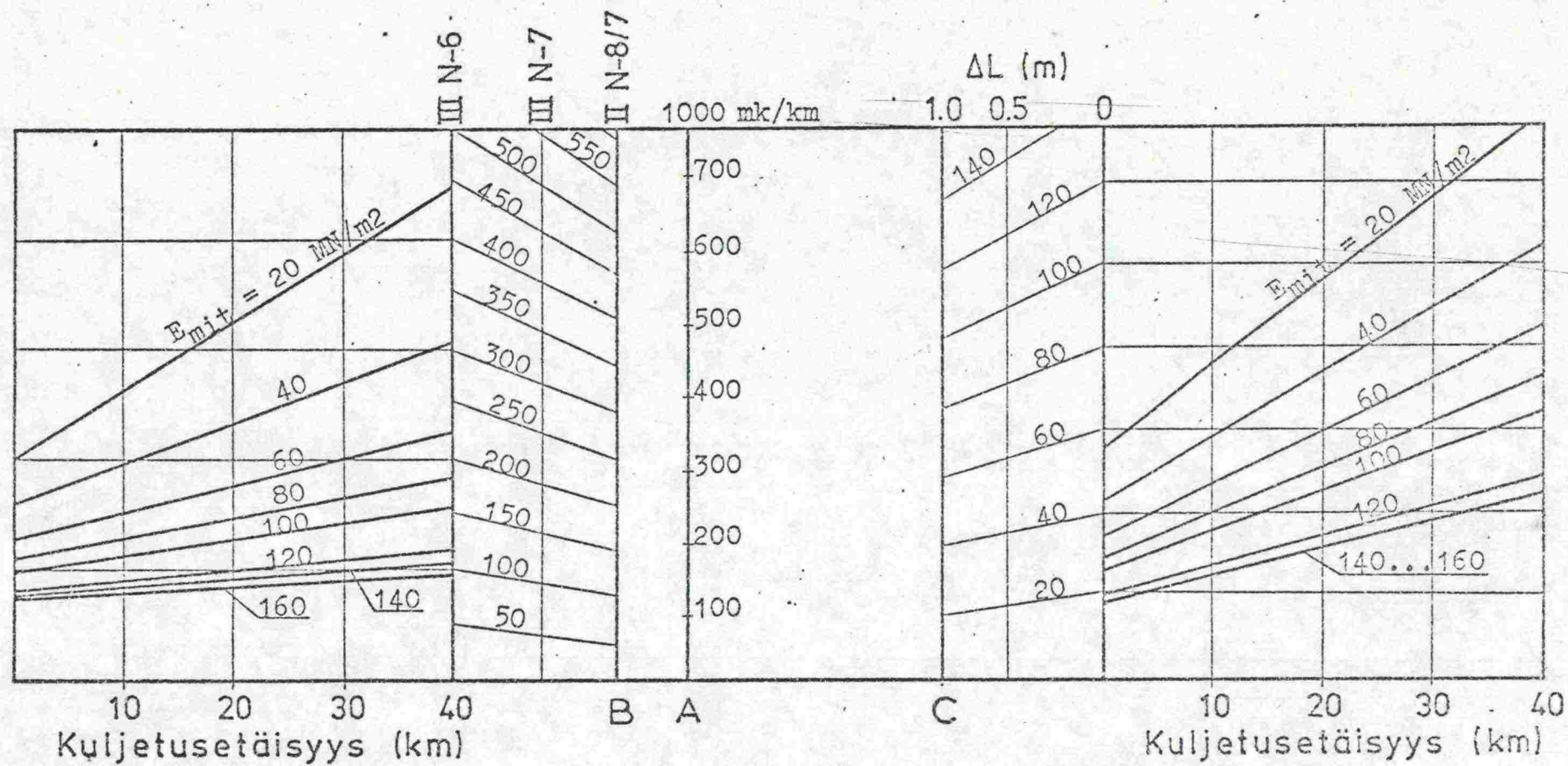
Kuva 5. Parannetun tien massamenekki poikkileikkauksessa.





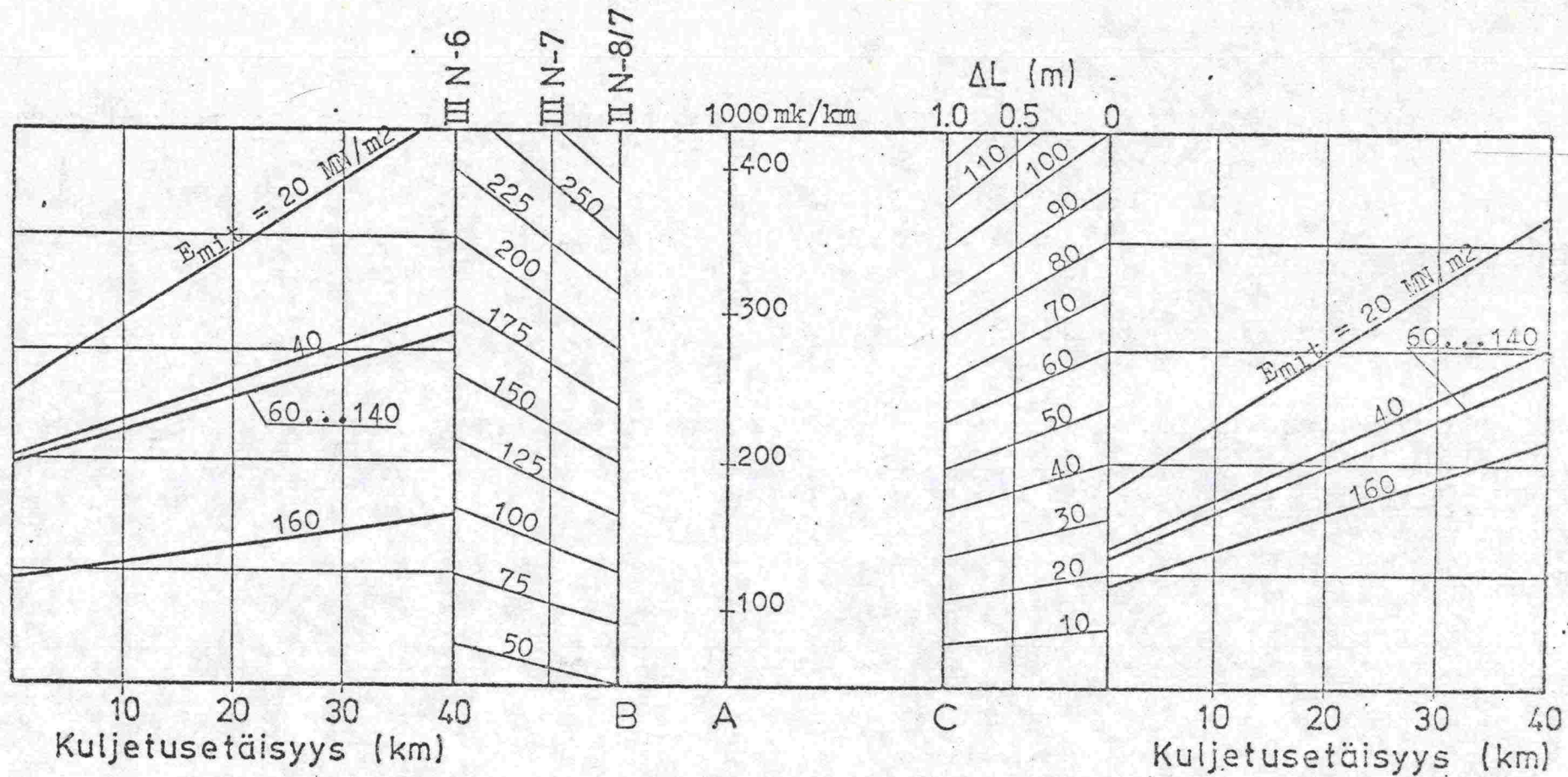
Kuva 6. Sitomattoman luonnonmateriaalista tehdyn päällysrakenteen kilometrikustannukset (1000 mk/km) Akselilta B saadaan vanhan tien tasauksen yläpuolisten massojen kustannukset (1000 mk/km). Oikeanpuoleisesta diagrammista luetaan vanhan tasauksen alapuoliset massakustannukset akselilta C. Akselilta A saadaan B- ja C-akselien summa = päällysrakenteen kilometrikustannukset.





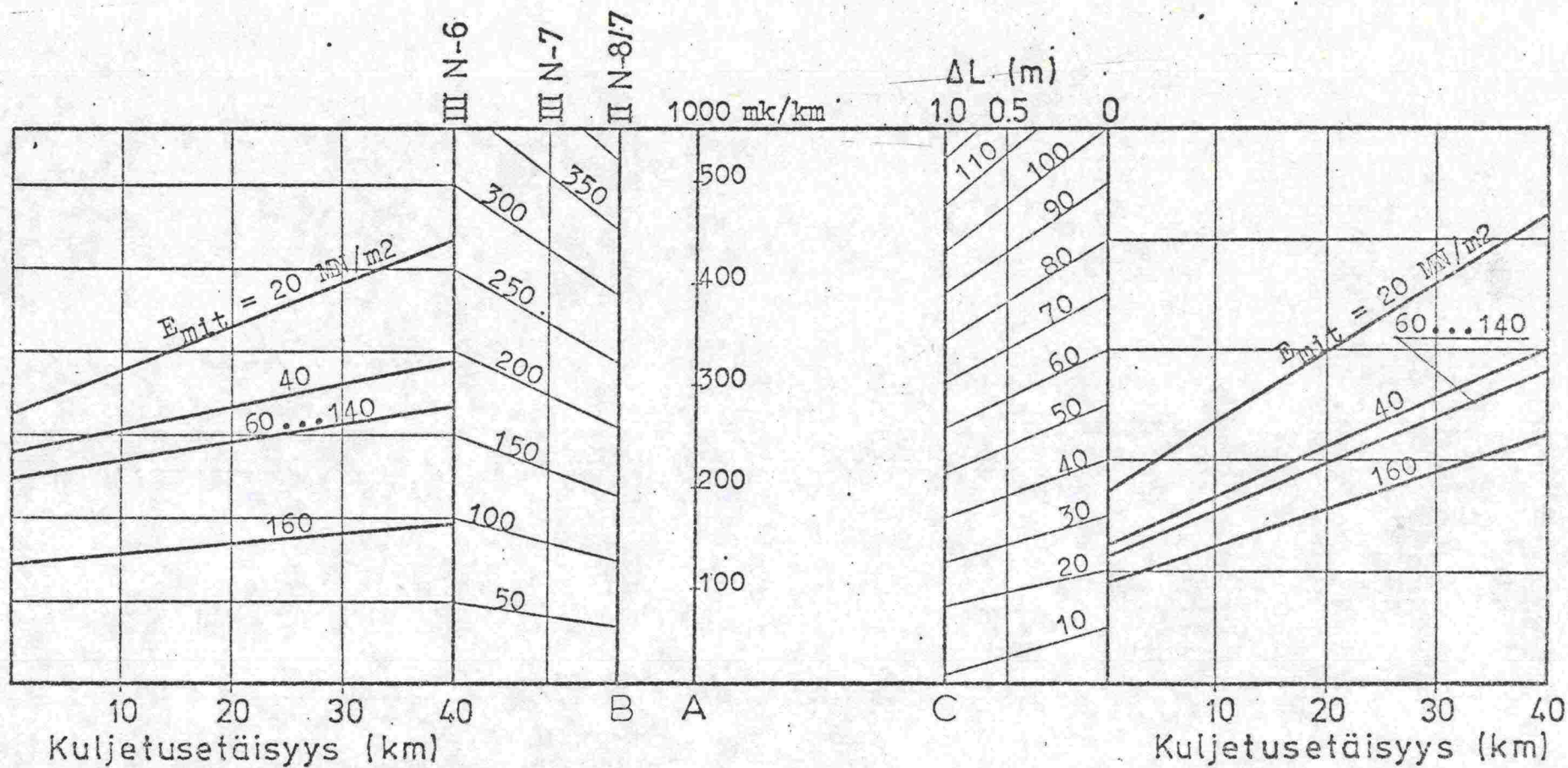
Kuva 7. Murskatusta materiaalista tehdyn sitomattoman rakenteen kilometrikustannukset.





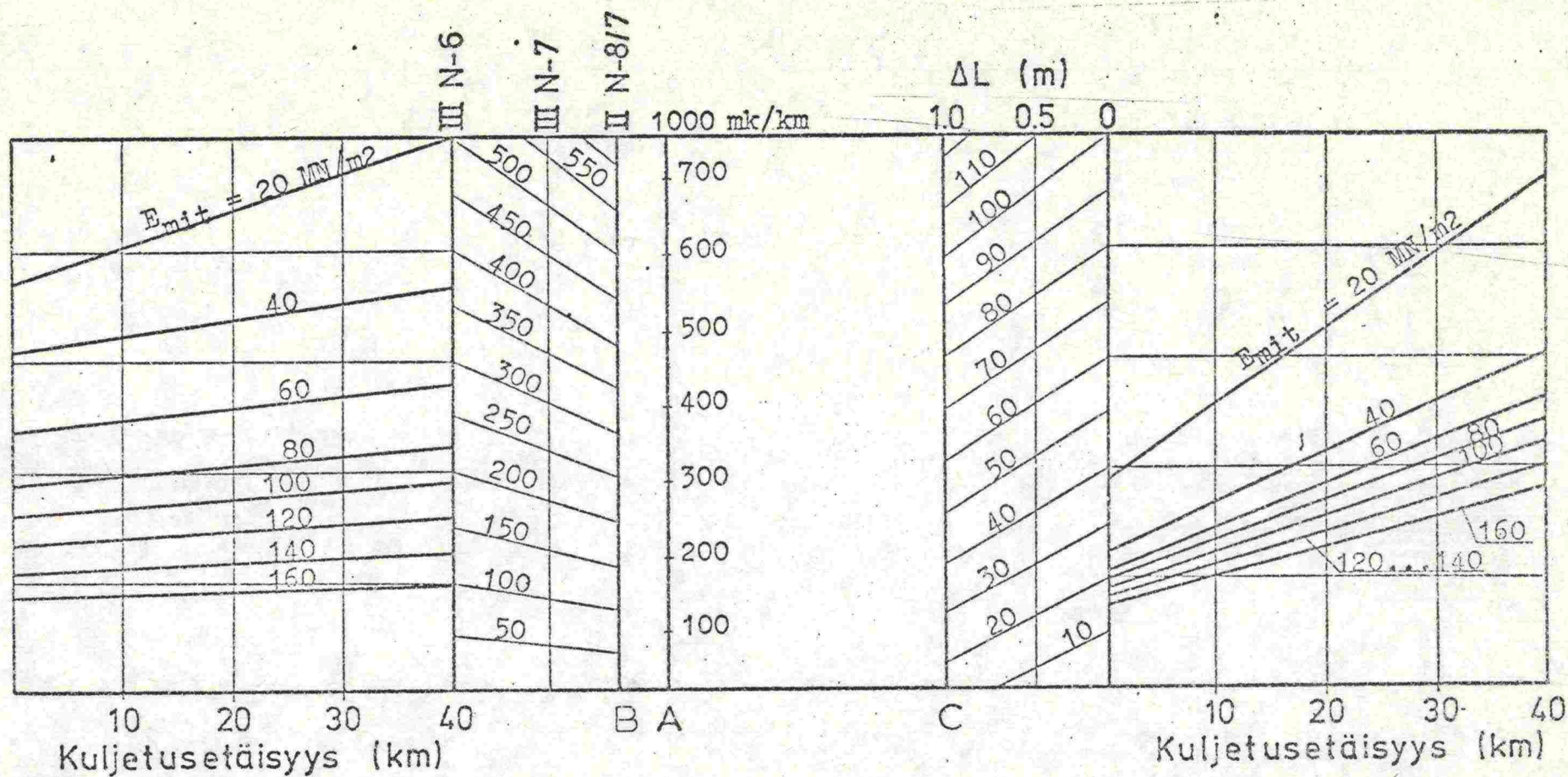
Kuva 8. Paikalla sekoitetun maabetonirakenteen kilometrikustannukset.





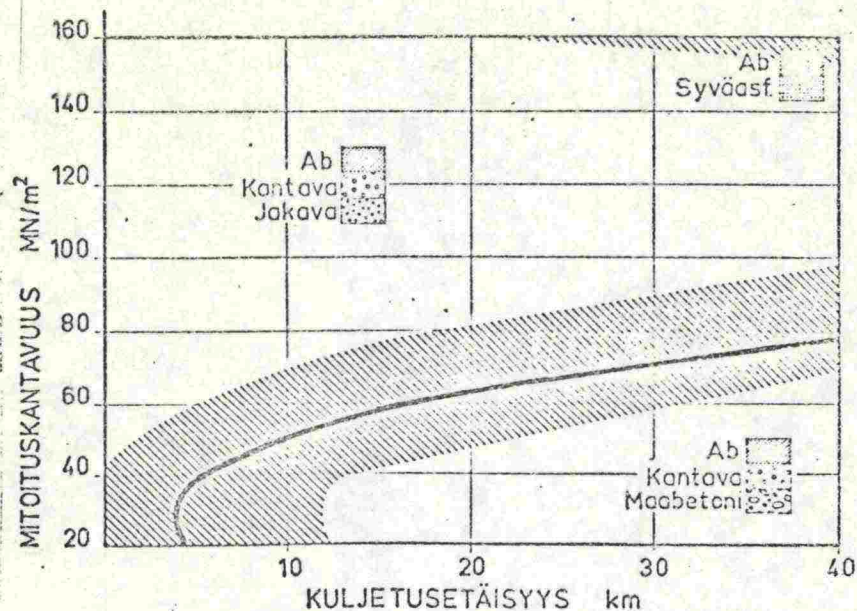
Kuva 9. Asemasekoitusmenetelmällä valmistetun maabetonirakenteen kilometrikustannukset.



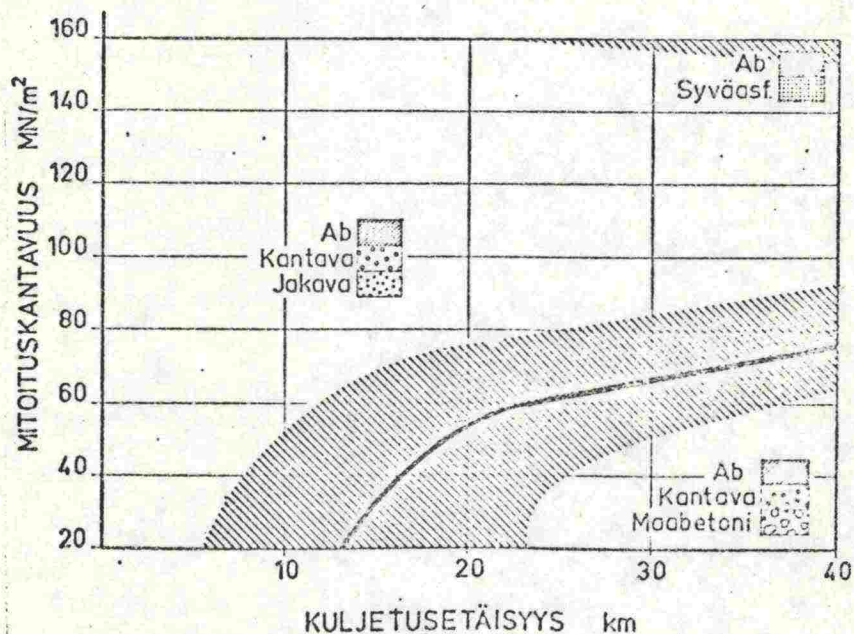


Kuva 10. Syväasfalttirakenteen kilometrikustannukset.



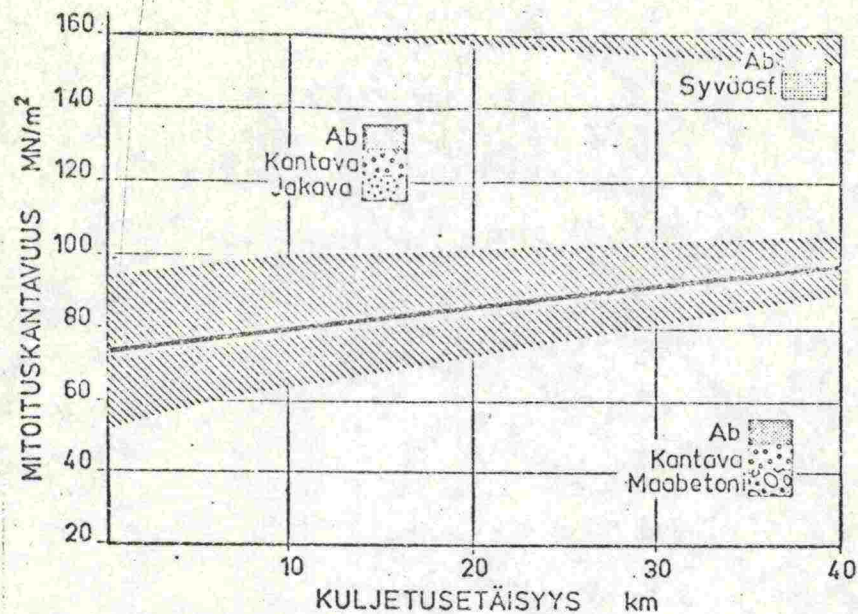


Kuva 11. Rakennetyyppien edullisuusvertailu mitoituskantavuuden ja kiviaineksen kuljetusetäisyyden mukaan, kun sitomaton rakenne on tehty luonnonkiviaineksesta ja maabetonirakenne paikalla sekoitettua.

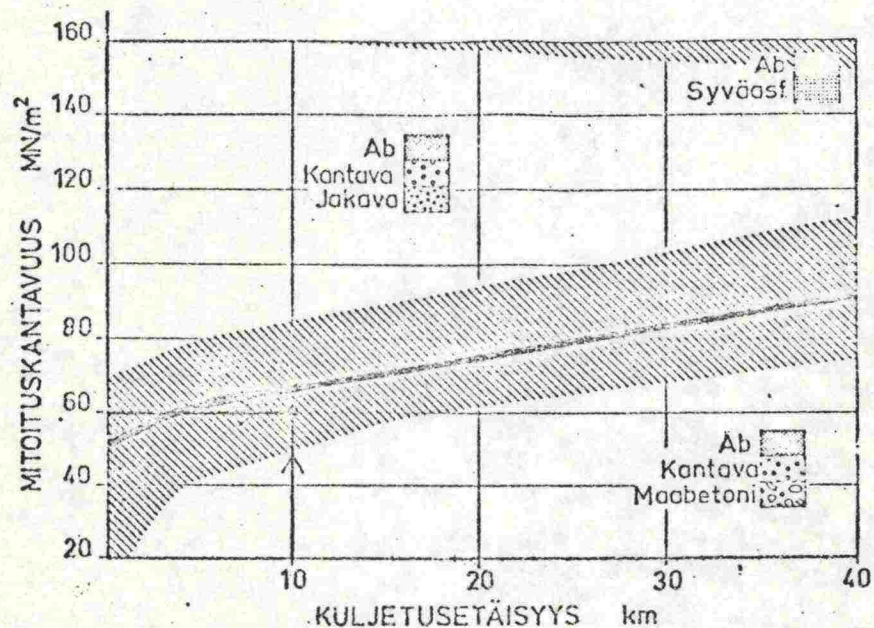


Kuva 12. Rakennetyyppien edullisuusvertailu mitoituskantavuuden ja kiviaineksen kuljetusetäisyyden mukaan, kun sitomaton rakenne on tehty luonnonkiviaineksesta ja maabetoni sekoitettua asemalla.



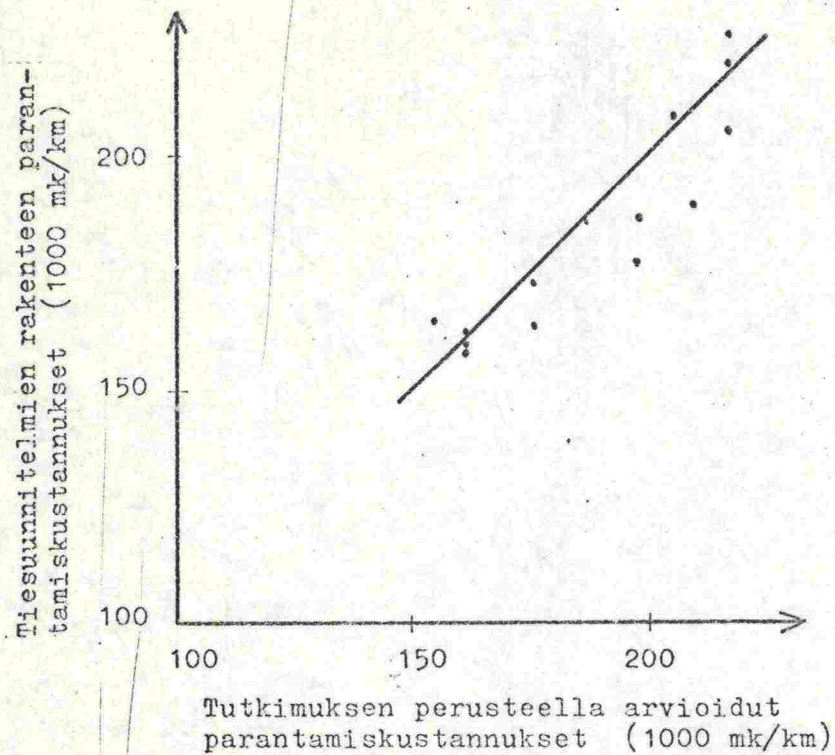


Kuva 13. Rakennetyyppien edullisuusvertailu mitoituskantavuuden ja kiviaineksen kuljetusetäisyyden mukaan, kun sitomaton rakenne on tehty murskatusta materiaalista ja maabetoni sekoitettu paikalla.



Kuva 14. Rakennetyyppien edullisuusvertailu mitoituskantavuuden ja kiviaineksen kuljetusetäisyyden mukaan, kun sitomaton rakenne on tehty murskatusta materiaalista ja maabetoni sekoitettu asemalla.





Kuva 15. Tutkimuksen perusteella arvioitujen rakenteen parantamiskustannusten vertailu tiesuunnitelmien kustannusarvioihin.



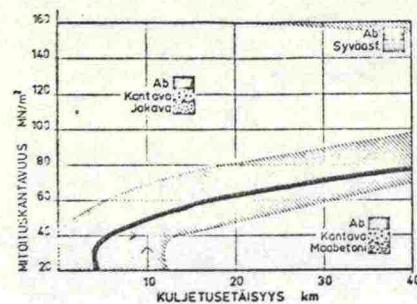
VALTION MAARAKENNUSALA	TIENPITO	SIJOITUS	REK.NO
	RAKENTEEN PARANTAMINEN	LAATIJA	AIKA
PÄÄLYSRAKENNETYYPPIN VALINTA			

Kustannusvertailut on tehty vuoden 1974 hintasuhteita käyttäen.

#### Sitomattomat rakennekerrokset tehty luonnonmateriaalista

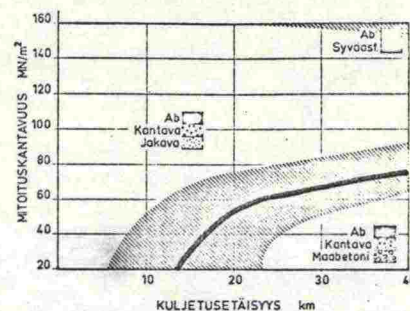
1.1

- Maabetonirakenne tehty paikalla sekoittaen



1.2

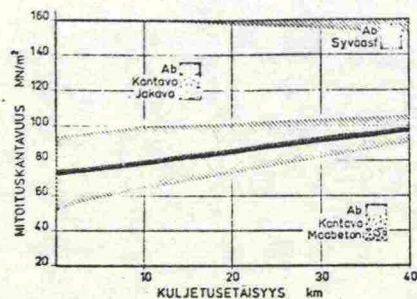
- Maabetonirakenne tehty asema-sekoitusmenetelmällä



#### Sitomattomat rakennekerrokset tehty murskatusta materiaalista

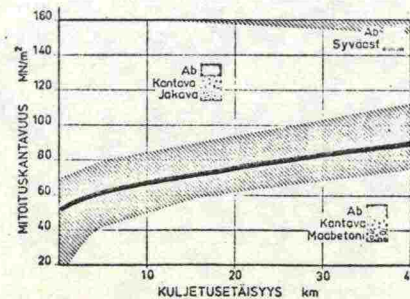
1.3

- Maabetonirakenne tehty paikalla sekoittaen



1.4

- Maabetonirakenne valmistettu asemasekoitusmenetelmällä



#### KÄYTTÖESIMERKKI:

Tierakennukseen kelpaavaa luonnonsoraa on saatavilla keskimäärin 10 kilometrin etäisyydellä. Mikä on edullisin päällysrakennevaihtoehto, kun

- mahdollinen maabetonirakenne sekoitetaan paikalla,
- tien keskimääräinen mitoituskantavuus on 40 MN/m<sup>2</sup>,
- tierakennuskustannukset noudattavat paikkakunnalla maan keskimääräisiä hintasuhteita?

#### Ratkaisu:

Tarkastellaan kohdan 1.1 kuvaa. Osutaan viivoitetulle alueelle sitomattoman ja maabetonirakenteen rajakäyrän alapuolelle. Koska paikkakunnan rakennuskustannukset noudattavat koko maan hintasuhteita, valitaan edullisimmaksi päällysrakennetyypiksi paikalla sekoitettu maabetonirakenne.

LAADINTAPERUSTEET: Standardi perustuu vallitseviin mitoitusmenetelmiin ja toteutuneisiin yksikkökustannuksiin.

KÄYTTÖALA JA RAJOITUKSET: Standardi soveltuu yleissuunnitteluun ja sitä karkeampaan suunnitteluun.



VALTION MAARAKENNUSALA	TIENPITO	SIJOITUS		REK.NO
	RAKENTEEN PARANTAMINEN	LAATIJA	AIKA	
RAKENTEEN PARANTAMISKUSTANNUKSET (mk/km) Päällysrakenneluokka 4				

Kustannusarvio on laadittu tierakennuskustannusindeksin tasoon 195.  
Kustannukset eivät sisällä silta-, pohjanvahvistus- eivätkä suurien routa-  
painumien korjauskustannuksia.

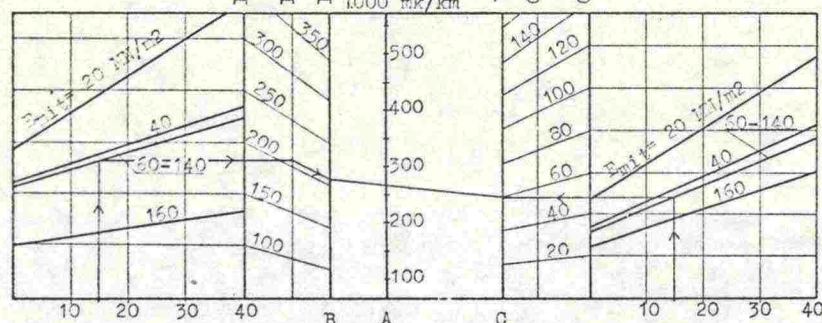
## 2. PÄÄLLYSRAKENNEKUSTANNUKSET

VANHAN TASAUKSEN  
YLÄPUOLISET MASSAT

III N-6  
III N-7  
II N-8/7

VANHAN TASAUKSEN  
ALAPUOLISET MASSAT

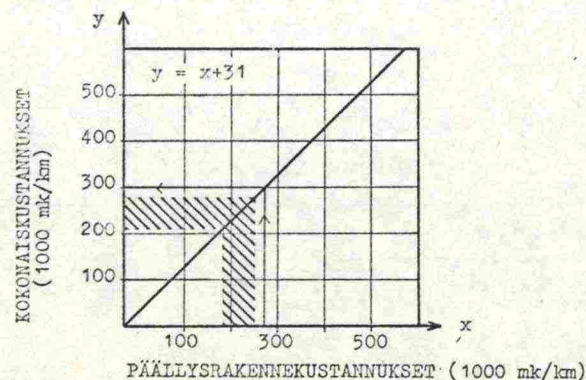
ΔL (m)  
1,0  
0,5  
0



KIVIAINEKSEN  
KULJETUSMATKA (km)

KIVIAINEKSEN  
KULJETUSMATKA (km)

## 3. KOKONAISKUSTANNUKSET



## LISÄTTÄVÄT KUSTANNUKSET:

- siltakustannukset
- pohjanvahvistuskustannukset
- laajojen routapainumien korjauskustannukset

## KÄYTTÖESIMERKKI:

Mitkä ovat rakenteen parantamiskustannukset (mk/km) paikalla  
sekoitettua maabetonirakennetta käyttäen, kun  
- kiviaineksen kuljetusetäisyys on 15 km,  
- tien keskimääräinen mitoituskantavuus on 60 KN/m<sup>2</sup>,  
- uuden tien poikkileikkaus on III N-7,  
- tien leveyden muutos on 1,0 m?

## Ratkaisu:

Hankkeen päällysrakennekustannukset saadaan kohdan 2 nomogram-  
mista. Ensin määrätään vanhan tien tasauksen yläpuoliset mas-  
sakustannukset nomogrammin vasemmalta puolelta akselilta B nuo-  
len osoittamalla tavalla (210 000 mk/km).  
Vastaavasti määrätään akselilta C vanhan tien tasauksen alapuo-  
liset massakustannukset (60 000 mk/km). Akselien B ja C pis-  
teet yhdistetään ja päällysrakennekustannukset luetaan akselilta  
A, 270 000 mk/km.  
Rakenteen parantamishankkeen kokonaiskustannukset saadaan kohdan  
3 kuvasta, 301 000 mk/km.

LAADINTAPERUSTEET: Standardi perustuu toteutumatietoihin ja osittain  
suunnitelma-asiakirjoihin.

## TIERAKENNUSKUSTANNUSINDEKSI:

1972 ≥ 100  
1973 ≥ 114  
1974 ≥ 144  
1975 ≥ 175  
1976 ≥ 195  
1977 ≥ 215 (arvio)  
1978 ≥ 230 (arvio)

## KÄYTTÖALA JA RAJOITUKSET:

Standardi soveltuu  
yleissuunnitteluun  
ja sitä karkeam-  
paan suunnitteluun.

Standardi ei sovel-  
lu tie- ja raken-  
nussuunnitteluun.

## LIITTYVÄT STANDAR- DIT JA KUSTANNUS- TIEDOT:

Valtion maarakennus-  
alan kustannustie-  
dot.